

DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat

(c) 2003 EPO. All rts. reserv.

12758642

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 7249592 A2 19950926 <No. of Patents: 005>

LASER TREATMENT METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE (English)

Patent Assignee: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB

Author (Inventor): CHIYOU KOUYUU; YAMAGUCHI NAOAKI; TAKEMURA YASUHIKO

IPC: *H01L-021/268; H01L-021/324

Derwent WPI Acc No: *C 95-377088; C 95-377088

Language of Document: Japanese

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date	
JP 7249592	A2	19950926	JP 9466592	A	19940309	(BASIC)
JP 7307304	A2	19951121	JP 94124172	A	19940513	
JP 3054310	B2	20000619	JP 9466592	A	19940309	
US 6096581	A	20000801	US 641695	A	19960502	
US 6509212	BA	20030121	US 236620	A	19990126	

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 9466592 A 19940309
JP 94124172 A 19940513
US 641695 A 19960502
US 400867 B1 19950308
US 236620 A 19990126
US 641695 A3 19960502

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2003 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05014704 **Image available**

LASER PROCESSING METHOD FOR SEMICONDUCTOR DEVICE

PUB. NO.: **07-307304** [JP 7307304 A]

PUBLISHED: November 21, 1995 (19951121)

INVENTOR(s): CHIYOU KOUYUU

 YAMAGUCHI NAOAKI

APPLICANT(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD [470730] (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

APPL. NO.: 06-124172 [JP 94124172]

FILED: May 13, 1994 (19940513)

INTL CLASS: [6] H01L-021/265; H01L-021/20; H01L-021/268; H01L-029/786;
 H01L-021/336

JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components)

JAPIO KEYWORD: R002 (LASERS); R004 (PLASMA); R096 (ELECTRONIC MATERIALS

-- Glass Conductors); R097 (ELECTRONIC MATERIALS -- Metal Oxide

Semiconductors, MOS); R100 (ELECTRONIC MATERIALS -- Ion Implantation)

ABSTRACT

PURPOSE: To eliminate irregularity caused by overlapping of a laser beam, by irradiating the whole part of a circuit region mainly consisting of an analog circuit, with laser light without moving the laser light, and scanning the circuit region with the laser light which has few analog element.

CONSTITUTION: A laser beam 15 is set as a size sufficient to irradiate the whole part of a column driver 13, and a substrate is so moved that the column driver is irradiated with laser light. After that, the substrate is irradiated with the laser light without moving a laser beam and the substrate. After that, the position which is to be irradiated with the laser light is shifted downward, and the substrate is moved until the upper ends of an active matrix region 14 and a scan driver 12 are irradiated with the laser beam 15. The substrate is moved while irradiated with the laser light. Thus the substrate is scanned with the laser light as far as the lower end, and the scan driver 12 and the active matrix region 14 are irradiated with the laser light.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-307304

(43) 公開日 平成7年(1995)11月21日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/265				
21/20				
21/268	Z			
		9056-4M	H 0 1 L 21/ 265	B
			29/ 78	3 1 1 Y
		審査請求 未請求 請求項の数 5	FD (全 11 頁)	最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-124172
(22) 出願日 平成6年(1994)5月13日

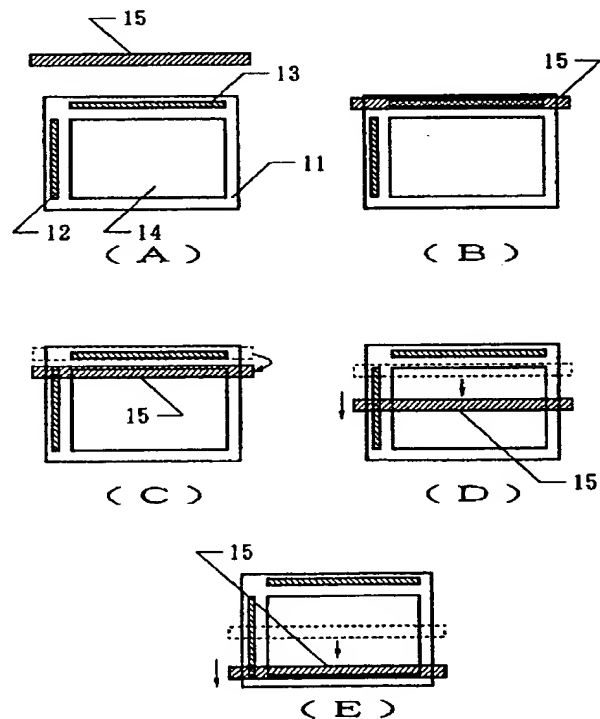
(71) 出願人 000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷398番地
(72) 発明者 張 宏勇
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内
(72) 発明者 山口 直明
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 半導体デバイスのレーザー処理方法

(57) 【要約】

【目的】 パルス状のレーザー光の照射工程を有する半導体デバイスの作製方法を提供する。

【構成】 半導体デバイスの回路をアナログ的な回路領域と、そうでない回路領域とにわけると、前者は後者よりも小さくなるように設計する。そして、レーザー光を照射する際に、アナログ的な回路領域では、レーザービームを実質的に移動させずにレーザー光を照射する。一方、アナログ的な回路領域においては、レーザー光を走査しながら照射する。この結果、前記アナログ的な回路領域においては、レーザービームの重なりが実質的に存在せず、例えば、薄膜トランジスタのしきい値電圧の均一性が向上し、アナログ回路として優れた特性を示す。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、第1および第2の半導体集積回路領域（ここで、第1の回路領域は第2の回路領域よりも小さい）もしくは回路領域となるべき領域を有する基板に対して線状のパルスレーザー光を照射するレーザー処理方法において、

レーザー光の実質的なビームの大きさは、前記第1の回路領域よりも大きく、

レーザー光を照射している間、レーザー光を実質的に移動させることなく、第1の回路領域の全体にレーザー光を照射する第1の工程と、

第1の工程の後に、レーザー光を照射しないで、レーザー光の照射されるべき位置を第1の回路領域から離す第2の工程と、

レーザー光を走査させつつ、第2の回路領域にレーザー光を照射する第3の工程と、

を有することを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【請求項2】 少なくとも、第1および第2の半導体集積回路領域（ここで、第1の回路領域は第2の回路領域よりも小さい）もしくは回路領域となるべき領域を有する基板に対して線状のパルスレーザー光を照射するレーザー処理方法において、

レーザー光の実質的なビームの大きさは、前記第1の回路領域よりも大きく、

レーザー光を走査させつつ、第2の回路領域にレーザー光を照射する第1の工程と、

第1の工程の後に、レーザー光を照射しないで、レーザー光の照射されるべき位置を第1の回路領域に移動する第2の工程と、

レーザー光を照射している間、レーザー光を実質的に移動させることなく、第1の回路領域の全体にレーザー光を照射する第3の工程と、を有することを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【請求項3】 請求項1および2において、第3の工程の後に、基板を $(n/2 + 1/4)$ 回転（ n は自然数）させる第4の工程と、を有することを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【請求項4】 少なくとも、第1および第2の半導体集積回路領域（ここで、第1の回路領域は第2の回路領域よりも小さい）もしくは回路領域となるべき領域を有する基板に対して線状のパルスレーザー光を照射するレーザー処理方法において、

レーザー光の実質的なビームの大きさは、前記第1の回路領域よりも大きく、

レーザー光を走査させつつ、第2の回路領域にレーザー光を照射する第1の工程と、

第1の工程の後に、基板を $(n/2 + 1/4)$ 回転（ n は自然数）させる第2の工程と、

第2の工程の後に、レーザー光を照射しないで、レーザ

ー光の照射されるべき位置を第1の回路領域に移動させる第3の工程と、

レーザー光を照射している間、レーザー光を実質的に移動させることなく、第1の回路領域の全体にレーザー光を照射する第4の工程と、を有することを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【請求項5】 請求項1乃至3において、第1の回路領域にはカラムドライバーが含まれていることを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体デバイスの作製工程におけるレーザー光照射処理（いわゆる、レーザーアニール法）に関する。特に、本発明は、1部もしくは全部が非晶質成分からなる半導体材料、あるいは、実質的に真性な多結晶の半導体材料、さらには、イオン照射、イオン注入、イオンドーピング等によってダメージを受け、結晶性が著しく損なわれた半導体材料に対してレーザー光を照射することによって、該半導体材料の結晶性を向上せしめ、あるいは結晶性を回復させる方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体素子プロセスの低温化に関して盛んに研究が進められている。その大きな理由は、ガラス等の絶縁基板上に半導体素子を形成する必要が生じたからである。その他にも素子の微小化や素子の多層化に伴う要請もある。半導体プロセスにおいては、半導体材料に含まれる非晶質成分もしくは非晶質半導体材料を結晶化させることや、もともと結晶性であったものの、イオンを照射したために結晶性が低下した半導体材料の結晶性を回復することや、結晶性であるのだが、より結晶性を向上させることが必要とされることがある。従来、このような目的のためには熱的なアニールが用いられていた。半導体材料として珪素を用いる場合には、600℃から1100℃の温度で0.1～48時間、もしくはそれ以上の時間のアニールをおこなうことによって、非晶質の結晶化、結晶性の回復、結晶性の向上等がなされてきた。

【0003】このような、熱アニールは、一般に温度が高いほど処理時間は短くても良かったが、600℃程度の温度では長時間の処理を必要とした。したがって、プロセスの低温化の観点からは、従来、熱アニールによってなされていた工程を他の手段によって置き換えることが必要とされた。レーザー光照射技術は究極の低温プロセスと注目されている。すなわち、レーザー光は熱アニールに匹敵する高いエネルギーを必要とされる箇所のみ限定して与えることができ、基板全体を高い温度にさす必要がないからである。レーザー光の照射に関しては、大きく分けて2つの方法が提案されていた。

【0004】第1の方法はアルゴンイオン・レーザー等

の連続発振レーザーを用いたものであり、スポット状のビームを半導体材料に照射する方法である。これはビーム内部でのエネルギー分布の差、およびビームの移動によって、半導体材料が溶融した後、緩やかに凝固することによって半導体材料を結晶化させる方法である。第2の方法はエキシマーレーザーのごときパルス発振レーザーを用いて、大エネルギーレーザーパルスを半導体材料に照射し、半導体材料を瞬間的に溶融させ、凝固させることによって半導体材料を結晶化させる方法である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】第1の方法の問題点は処理に時間がかかることであった。これは連続発振レーザーの最大エネルギーが限られたものであるため、ビームスポットのサイズがせいぜいmm単位となったためである。これに対し、第2の方法ではレーザーの最大エネルギーは非常に大きく、したがって、数 cm^2 以上の大きなスポットを用いて、より量産性を上げることができた。

【0006】しかしながら、パルスレーザーを照射する場合には、光学系の改良によって、1ショットパルスのビーム内でのエネルギーの均一性は達成できても、パルスの重なりによる素子の特性のばらつきを改善することさ難しかった。特に、素子が、ちょうどレーザー光のビームの端部に位置した場合には、素子の特性（特にMOSトランジスタのしきい値電圧）はかなり大きくバラついていた。半導体デバイスに関しては、デジタル回路ではしきい値電圧のバラツキはかなり許容されるが、アナログ回路においては、隣接するトランジスタのしきい値電圧のバラツキは0.02V以下の値が要求されることもあった。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、この問題を解決する目的でなされたものである。レーザービームの重なりによるバラツキをなくすには、理想的には、回路全体を一括して照射できるような大きなビームでレーザー光照射をおこなうことであるが、現実的には不可能である。そこで、本発明では基板上において、レーザービームの重なりのない比較的狭い領域と、レーザービームの重なりのある比較的広い領域とに分けることによって、全体として、十分な特性を得られるようにする。

【0008】本発明においては、基板上の回路をアナログ回路を中心とした回路領域と、アナログ的な要素の薄い回路領域とに分け、さらに、レーザー光のビームの大きさをアナログ回路を中心とした回路領域よりも大きくし、実質的にレーザー光を移動させなくとも、アナログ回路を中心とした回路領域の全体にレーザー光を照射させることができるようにする。そして、アナログ回路を中心とした回路領域においては、実質的に、レーザーを移動させることなく、レーザー光を照射せしめる。すなわち、アナログ回路を中心とした回路領域においては、

レーザービームの重なりが実質的に存在しないようにする。

【0009】一方、アナログ的な要素の薄い回路領域においては、レーザー光を走査させることによって、レーザー光の照射をおこなう。この結果、この領域においてはレーザービームの重なりが生じることとなる。例えば、アクティブマトリクス回路と、それを駆動するための周辺回路（ドライバー回路）が同一基板上に形成された液晶ディスプレイ（モノリシック型液晶ディスプレイ）においては、アナログ回路を中心とした回路領域とは、アクティブマトリクスを駆動するドライバー回路、なかでも、アナログ信号を出力するソースドライバー（カラムドライバー）回路である。一方、アナログ的な要素の薄い回路領域としては、アクティブマトリクス回路やゲイトドライバー（スキャンドライバー）回路である。

【0010】本発明を実施するには、レーザーのビームの形状を、このような回路にあわせる、もしくは、回路の形状をレーザーのビームにあわせる必要があるが、一般的には線状ないし長方形状とすることが望ましい。また、例えば、液晶ディスプレイのカラムドライバーとスキャンドライバーは概略直交して形成されるので、これらの処理をおこなうには、レーザー光の向きを変えてもよいし、基板の向きを概略 $1/4$ 回転（より一般的には、 $(n/2 + 1/4)$ （但し、 n は自然数）回転）させてもよい。

【0011】

【作用】以上のように処理することにより、アナログ的な回路領域では、重なりができず、レーザービームの面内均一性のみに支配されることとなる。その結果、レーザービームの面内均一性を十分に改善することにより、特性のそろった素子を形成できる。一方、アナログ的な要素の薄い回路領域では、レーザービームの重なりによる特性のバラツキは不可避であるが、そもそも、このような回路においては、少々のバラツキは許容されるので実質的に問題とはならない。

【0012】このようにして、本発明では、基板上に形成された回路全体として、レーザービームの重なりによる悪影響を除去し、回路全体の特性を向上させることができる。本発明においては、レーザーの照射されるべき物体の形状は、何のパターンも有しない膜状のものであってもよいし、ほぼデバイスの形状が完成したものでもよい。以下に実施例を示し、より詳細に本発明を説明する。

【0013】

【実施例】

【実施例1】 図4には本実施例で使用したレーザーアニール装置の概念図を示す。レーザー光は発振器42で発振され、全反射ミラー45、46を経由して増幅器43で増幅され、さらに全反射ミラー47、48を経由し

5

て光学系44に導入される。それまでのレーザー光のビームは $30 \times 90 \text{ mm}^2$ 程度の長方形であるが、この光学系64によって長さ100~300mm、幅10~30mmの細長いビームに加工される。この光学系を経たレーザー光のエネルギーは最大で30J/ショットであった。

【0014】光学系44の内部の光路は図5のように示される。光学系44に入射したレーザー光は、シリンドリカル凹レンズA、シリンドリカル凸レンズB、横方向のフライアイレンズC、縦方向のフライアイレンズDを通過する。これらフライアイレンズC、Dを通過することによってレーザー光はそれまでのガウス分布型から矩形分布に変化する。さらに、シリンドリカル凸レンズE、Fを通過してミラーG(図5ではミラー59)を介して、シリンドリカルレンズHによって集束され、試料に照射される。

【0015】本実施例では、図5の距離 X_1 、 X_2 を固定し、仮想焦点I(これはフライアイレンズの曲面の違いによって生ずるようになっている)とミラーGとの距離 X_3 、と距離 X_4 、 X_5 とを調節して、倍率M、焦点距離Fを調整した。すなわち、これらの間には、 $M = (X_3 + X_4) / X_5$ 、 $1/F = 1/(X_3 + X_4) + 1/X_5$ 、という関係がある。なお、本実施例では光路全長 X_6 は約1.3mであった。

【0016】このような細長いビームに加工されたビームを用いることによってレーザー処理能力は飛躍的に向上した。すなわち、短冊状のビームは光学系44を出た後、全反射ミラー49を経て、試料51に照射されるが、ビームの幅が試料の幅と同程度、もしくは、それよりも長いので、結局、試料は1つの方向にのみ移動させてゆけばよい。したがって、試料のステージおよび駆動装置50は構造が簡単で保守も容易である。また、試料をセットする際の位置合わせの操作(アライメント)も容易である。本発明においては、1方向への移動に加えて、試料を回転させる機能を有すればよい。

【0017】これに対して、正方形に近いビームであれば、それだけで基板全面をカバーすることは不可能であるので、試料を縦方向、横方向というように2次的に移動させなければならない。しかし、その場合にはステージの駆動装置は複雑になり、また、位置合わせも2次的に行わなければならないので難しい。特にアライメントを手動でおこなう場合には、その工程での時間のロスが大きく生産性が低下する。なお、これらの装置は防振台等の安定な架台41上に固定される必要がある。

【0018】なお、上記のようなレーザー装置は単独で構成されてもよいし、他の装置、例えば、プラズマCVD成膜装置、イオン注入装置(もしくはイオンドーピング装置)、熱アニール装置、その他の半導体製造装置と組み合わせたマルチチャンバーとしてもよい。本実施例

6

では、アクティブマトリクス型液晶表示装置(AMLCD)において、アクティブマトリクス回路を駆動する周辺回路も同じ基板上に形成されている、いわゆるモノリシック型AMLCDについて説明する。

【0019】このような装置では、図1(A)に示すように、基板11上には、アクティブマトリクス回路の領域14と、カラムドライバー13およびスキャンドライバー12がその縁に設けられることとなっている。実際には、このレーザー照射の段階では、上記の工程からも明らかなように、基板には一様な膜が存在するのみであるが、分かりやすくするために回路の形成される位置を示す。カラムドライバー13もスキャンドライバー12もシフトレジスタを有するのであるが、カラムドライバーはアナログ信号を出力するので、そのための増幅器(バッファー回路)が含まれることとなる。このようなAMLCDに用いられる素子のうち薄膜トランジスタの作製プロセスの概略は以下のものであった。

- 【0020】[1] ガラス基板上への下地酸化珪素膜、非晶質珪素膜の形成、および/または、非晶質珪素膜上への結晶化促進剤(例えば、酢酸ニッケル等)等の塗布
- [2] 固相成長による非晶質珪素膜の結晶化(固相成長条件の例: 550℃、8時間、窒素雰囲気中)
- [3] 結晶化した珪素膜に対するレーザー処理(結晶性の向上を目的とする)
- [4] 珪素膜のエッチングによる島状珪素領域の形成
- [5] ゲイト絶縁膜(酸化珪素)の形成
- [6] ゲイト電極の形成
- [7] 不純物元素(燐、ホウ素等)の注入によるソース/ドレインの形成
- [8] レーザー照射による注入された不純物の活性化
- [9] 層間絶縁物の形成
- [10] ソース/ドレインへの電極の形成

【0021】本実施例および以下の実施例2および3においては上記工程において、多結晶珪素膜の結晶性をさらに高める目的でおこなわれる[3]のレーザー光照射に関するものとする。

【0022】図1には本実施例のレーザー処理工程を示す。本実施例では、レーザービーム15は、カラムドライバー13全体を照射するに足る大きさで、例えば、幅10mm、長さ300mmの長方形である。まず、図1(B)に示すように、レーザー光がカラムドライバーに照射されるように、基板を移動した。この段階ではレーザー光は基板に照射されない。その後、実質的にレーザービームおよび基板を移動させないで、レーザー光を照射した。レーザー光照射は大気中でおこない、基板温度は200℃とした。レーザーとしてはKrFエキシマーレーザー(波長248nm)を用いた。レーザーの発振周波数は10Hz、レーザー光のエネルギー密度は300mJ/cm²、レーザー光のパルスは10ショットとした。必要なショット数のレーザー光照射が完了した

ら、レーザー光照射を停止した。(図1(B))

【0023】その後、レーザー光の照射されるべき位置を下にずらし、アクティブマトリクス領域14およびスキンドライバー12の上端がレーザービーム15にかかる位置まで基板を移動させた。(図1(C))

そして、レーザー光を照射しつつ、基板を移動した。例えば、レーザーの発振周波数は10Hz、レーザー光のエネルギー密度は300mJ/cm²、レーザー光の走査速度は10mm/sとした。この結果、レーザービーム15は1mmずつずれていくことになる。ビームの幅は10mmなので、1か所に付き10ショット程度のレーザー光が照射されることとなる。(図1(D))

【0024】このようにして、基板の下端までレーザーを走査し、スキンドライバー12およびアクティブマトリクス領域14に対してレーザー光照射をおこなった。(図1(E))

本実施例では、カラムドライバー13においては、レーザービームの重なりはなかった。その結果、カラムドライバーにおける薄膜トランジスタのしきい値電圧は非常にバラツキの小さいものとなり、典型的には、隣接の薄膜トランジスタで0.01V以下、カラムドライバー内で0.05V以下であった。他の特性も同様であった。一方、スキンドライバー12とアクティブマトリクス領域14にはレーザービームの重なりが生じた。したがって、例えば、スキンドライバー12における薄膜トランジスタのしきい値電圧のバラツキは、隣接のもので、0.1V程度、面内でも同じくらいであった。アクティブマトリクス領域14も同様である。しかしながら、この程度のバラツキはそれぞれの回路の動作には全く支障のないものであった。

【0025】〔実施例2〕図2には本実施例のレーザー処理工程を示す。本実施例でも、レーザービーム25は、カラムドライバー23全体を照射するに足る大きさで、例えば、幅10mm、長さ200mmの長方形である。まず、図2(B)に示すように、レーザー光がカラムドライバーに照射されるように、基板を移動した。この段階ではレーザー光は基板に照射されない。その後、実質的にレーザービームおよび基板を移動させないで、レーザー光を照射した。レーザー光照射は大気中でおこない、基板温度は200℃とした。レーザーとしてはKrFエキシマーレーザー(波長248nm)を用いた。レーザーの発振周波数は10Hz、レーザー光のエネルギー密度は300mJ/cm²、レーザー光のパルスは10ショットとした。必要なショット数のレーザー光照射が完了したら、レーザー光照射を停止した。(図2(B))

【0026】その後、レーザー光の照射されるべき位置を下にずらし、アクティブマトリクス領域24の上端がレーザービーム25にかかる位置まで基板を移動させた。なお、実施例1とは異なり、このときにはスキャン

ドライバー22にはレーザー光が照射されないようにした。(図2(C))

そして、レーザー光を照射しつつ、基板を移動した。例えば、レーザーの発振周波数は10Hz、レーザー光のエネルギー密度は250mJ/cm²、レーザー光の走査速度は10mm/sとした。この結果、レーザービーム25は1mmずつずれていくことになる。ビームの幅は10mmなので、1か所に付き10ショット程度のレーザー光が照射されることとなる。(図2(D))

【0027】このようにして、基板の下端までレーザーを走査し、アクティブマトリクス領域24に対してレーザー光照射をおこなった。(図2(E))

その後、基板を1/4回転させた。図2(F)において、点線の四角26は最初の基板の位置である。(図2(F))

そして、図2(G)に示すように、レーザー光がスキンドライバー22に照射されるように、基板を移動した。この段階ではレーザー光は基板に照射されないようになっている。その後、実質的にレーザービームおよび基板を移動させないで、スキンドライバー22にレーザー光を照射した。レーザーの発振周波数は10Hz、レーザー光のエネルギー密度は300mJ/cm²、レーザー光のパルスは10ショットとした。必要なショット数のレーザー光照射が完了したら、レーザー光照射を停止した。(図2(G))

【0028】本実施例では、カラムドライバー23のみならず、スキンドライバー22にもレーザービームの重なりはなかった。また、本実施例では、ドライバ回路は300mJ/cm²のレーザー光を照射したのに対し、アクティブマトリクス回路に対しては、250mJ/cm²のレーザー光を照射した。これは、アクティブマトリクス回路においては、リーク電流(ゲイトに逆バイアス電圧を印加した際の漏洩電流。オフ電流とも言う)の小さい薄膜トランジスタを得るためである。一方、ドライバ回路では、薄膜トランジスタが高速動作を要求されるので、レーザー光のエネルギーを高くし、高いモビリティを得るようにした。

【0029】〔実施例3〕図3には本実施例のレーザー処理工程を示す。本実施例では、実施例1、2とは異なり、基板の上下左右にドライバ回路を有するモノリシック型液晶ディスプレイに関し、また、本実施例は、このようなディスプレイの活性化工程(実施例1の『[8]レーザー照射による注入された不純物の活性化』に相当する)に関する。

【0030】図6に本実施例によって処理されるべき基板の全体の工程の概要を示す。まず、基板(コーニング7059、300mm×200mm)101上に下地酸化膜102として厚さ1000~5000Å、例えば、2000Åの酸化珪素膜を形成した。この酸化膜の形成方法としては、酸素雰囲気中でのスパッタ法を使用し

た。しかし、より量産性を高めるには、TEOSをプラズマCVD法で分解・堆積して形成してもよい。また、このように形成した酸化珪素膜を400~650℃でアニールしてもよい。

【0031】その後、プラズマCVD法やLPCVD法によってアモルファス状のシリコン膜を300~500Å、好ましくは400~1000Å、例えば、500Å堆積し、これを、550~600℃の還元雰囲気（8~24時間放置して、結晶化せしめた。その際には、ニッケル等の結晶化を助長する金属元素を微量添加して結晶化を促進せしめてもよい。また、この工程は、レーザー照射によっておこなってもよい。そして、このようにして結晶化させたシリコン膜をエッチングして島状領域103を形成した。さらに、この上にプラズマCVD法によって厚さ700~1500Å、例えば、1200Åの酸化珪素膜104を形成した。

【0032】その後、厚さ1000Å~3μm、例えば、5000Åのアルミニウム（1wt%のSi、もしくは0.1~0.3wt%のSc（スカンジウム）を含む）膜をスパッタ法によって形成して、これをエッチングし、ゲイト電極105およびゲイト配線106を形成した。（図6（A））

【0033】そして、ゲイト電極105およびゲイト電極106に電解液中で電流を通じて陽極酸化し、厚さ500~2500Å、例えば、2000Åの陽極酸化化物107、108を形成した。用いた電解溶液は、L-酒石酸をエチレングリコールに5%の濃度で希釈し、アンモニアを用いてpHを7.0±0.2に調整したものである。その溶液中に基板101を浸し、定電流源の+側を基板上のゲイト配線に接続し、一側には白金の電極を接続して20mAの定電流状態で電圧を印加し、150Vに到達するまで酸化を継続した。さらに、150Vで定電圧状態で加え0.1mA以下になるまで酸化を継続した。この結果、厚さ2000Åの酸化アルミニウム被膜が得られた。

【0034】その後、イオンドーピング法によって、島状シリコン膜103に、ゲイト電極部（すなわちゲイト電極とその周囲の陽極酸化膜）をマスクとして自己整合的に不純物（ここでは磷）を注入し、図6（B）に示すように低濃度不純物領域（LDD）109を形成した。ドーズ量は $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{14}$ 原子/cm²、加速電圧は10~90kV、例えば、ドーズ量を 5×10^{13} 原子/cm²、加速電圧は80kVとした。（図6（B））

【0035】そして、プラズマCVD法によって、酸化珪素膜110を堆積した。ここでは、原料ガスにTEOSと酸素、もしくはモノシランと亜酸化窒素を用いた。酸化珪素膜110の厚さはゲイト電極・配線の高さによって最適な値が異なる。例えば、本実施例のごとく、ゲイト電極・配線の高さが陽極酸化物被膜も含めて約60

00Åの場合には、その1/3~2倍の2000Å~1.2μmが好ましく、ここでは、6000Åとした。この成膜工程においては、平坦部での膜厚の均一性をともに、ステップカバレッジが良好であることも要求される。その結果、ゲイト電極・配線の側面部の酸化珪素膜の厚さは、図6（C）に点線で示す分だけ厚くなっている。（図6（C））

【0036】次に、公知のRIE法による異方性ドライエッチングをおこなうことによって、この酸化珪素膜108のエッチングをおこなった。このエッチングはゲイト絶縁膜105までエッチングが達した時点で終了した。このようなエッチングの終点に関しては、例えば、ゲイト絶縁膜105のエッチングレートと、酸化珪素膜110のものに比較して小さくすることによって、制御することが可能である。以上の工程によって、ゲイト電極・配線の側面には概略三角形の絶縁物（サイドウォール）111、112が残った。

【0037】その後、再び、イオンドーピング法によって、磷を導入した。この場合のドーズ量は、図6（B）の工程のドーズ量より1~3桁多いことが好ましい。本実施例では、最初の磷のドーピングのドーズ量の40倍の 2×10^{15} 原子/cm²とした。加速電圧は80kVとした。この結果、高濃度の磷が導入された領域（ソース/ドレイン）114が形成され、また、サイドウォールの下部には低濃度領域（LDD）113が残された。（図6（D））

【0038】さらに、KrFエキシマーレーザー（波長248nm、パルス幅20nsec）を照射して、ドーピングされた不純物の活性化をおこなった。レーザーのエネルギー密度は200~400mJ/cm²、好ましくは250~300mJ/cm²が適当であった。（図6（E））

【0039】最後に、全面に層間絶縁物115として、CVD法によって酸化珪素膜を厚さ5000Å形成した。そして、TFTのソース/ドレインにコンタクトホールを形成し、2層目のアルミニウム配線・電極116、117を形成した。アルミニウム配線の厚さはゲイト電極・配線とほぼ同じ、4000~6000Åとした。以上の工程によって、Nチャネル型のLDDを有するTFTが完成された。不純物領域の活性化のために、さらに200~400℃で水素アニールをおこなってもよい。2層目配線117はゲイト配線106を乗り越える部分での段差が、サイドウォール112の存在によって緩やかになっているため、2層目の配線の厚さがゲイト電極・配線とほぼ同じであるにも関わらず、段切れはほとんど観察されなかった。（図6（F））

【0040】なお、以下に述べるのは上記の工程のうち、図6（E）におけるレーザー照射によるドーピング不純物の活性化の工程である。次に、本実施例で処理すべき基板の構成の概要について述べる。図7は本実施例

で処理した基板の断面の概要を示す。基板には周辺駆動回路領域と画素回路領域が設けられており、周辺駆動回路はNMOSおよびPMOSのTFTによって、また、画素回路はPMOSのTFTによって構成されている。なお、画素回路のTFTには画素電極が設けられている。(図7)

【0041】本実施例で処理すべき基板を上方から見た様子を図3に示す。図6(E)から明らかであるら、以下に記述する工程では、層間絶縁物や2層目の配線等は形成されていない。図3(A)に示すように、基板31上にはスキャンドライバー32および33とカラムドライバ34および35、さらに、アクティブマトリクス回路36が形成される。本実施例でも、レーザービーム37は、カラムドライバ34および35全体を照射するに足る大きさで、例えば、幅10mm、長さ300mmの長方形である。

【0042】まず、図3(B)に示すように、レーザー光がスキャンドライバー32に照射されるように、基板を移動した。この段階ではレーザー光は基板に照射されない。その後、実質的にレーザービームおよび基板を移動させないで、レーザー光を照射した。レーザー光照射は大気中でおこない、基板温度は200℃とした。レーザーとしてはKrFエキシマーレーザー(波長248nm)を用いた。レーザーの発振周波数は10Hz、レーザー光のエネルギー密度は300mJ/cm²、レーザー光のパルスは10ショットとした。必要なショット数のレーザー光照射が完了したら、レーザー光照射を停止した。(図3(B))

【0043】その後、基板を移動し、スキャンドライバー33にレーザー光が照射されるように設定し、再び、基板およびレーザービームを移動させることなく、レーザー照射をおこなった。この場合も上記と同じ条件で10ショットのレーザー光を照射した。必要なショット数のレーザー光を照射したらレーザー光照射を停止した。

(図3(C))

その後、基板を1/4回転させた。図3(D)において、点線の四角38は最初の基板の位置である。(図3(D))

【0044】その後、図3(E)に示すように、レーザー光がカラムドライバ34に照射されるように、基板を移動した。そして、実質的にレーザービームおよび基板を移動させないで、レーザー光を照射した。このときの照射条件も上記と同一としレーザー光のパルスは10ショットとした。必要なショット数のレーザー光照射が完了したら、レーザー光照射を停止した。(図3(E))

【0045】次に、レーザー光の照射されるべき位置を下にずらし、アクティブマトリクス領域36(およびスキャンドライバー32、33)の上端がレーザービーム37にかかる位置まで基板を移動させた。そして、レー

ザー光を照射しつつ、基板を移動した。例えば、レーザーの発振周波数は10Hz、レーザー光のエネルギー密度は250mJ/cm²、レーザー光の走査速度は10mm/sとした。この結果、レーザービーム25は1mmずつずれていくことになる。ビームの幅は10mmなので、1か所に付き10ショット程度のレーザー光が照射されることとなる。(図3(F))

【0046】このようにして、アクティブマトリクス回路36の下端までレーザーを走査し、アクティブマトリクス領域36に対してレーザー光照射をおこなった。アクティブマトリクスの下端まで照射が完了した段階で、レーザー照射を停止した。そして、図3(G)に示すように、レーザー光がカラムドライバ35に照射されるように、基板を移動した。そして、実質的にレーザービームおよび基板を移動させないで、カラムドライバ35にレーザー光を照射した。レーザーの発振周波数は10Hz、レーザー光のエネルギー密度は300mJ/cm²、レーザー光のパルスは10ショットとした。必要なショット数のレーザー光照射が完了したら、レーザー光照射を停止した。(図3(G))

【0047】本実施例では、カラムドライバ34、35では全くレーザービームが重ならなかった。一方、スキャンドライバーでは、図3(B)、(C)に示すレーザー光照射工程ではレーザービームの重なりは生じないが、アクティブマトリクス回路のレーザー照射の際に重なりが発生した。しかしながら、スキャンドライバーは、カラムドライバに比較して特性のバラツキの制約が緩やかであることに加え、アクティブマトリクス回路へのレーザー光照射のエネルギーが最初のレーザー照射のエネルギーよりも小さいことから実質的な影響は全くなかった。

【0048】

【発明の効果】本発明のレーザー光照射技術によって、量産性を維持しつつ、全体としての半導体回路の特性を高めることができた。本発明は半導体デバイスのプロセスに利用される全てのレーザー処理プロセスに利用できるが、中でも半導体デバイスとしてTFTを取り上げる場合、TFTのしきい値電圧の均一性を向上させる意味では、実施例1および2に取り上げたような多結晶珪素膜へのレーザー照射の工程に用いると効果が大きい。また、TFTの電界効果移動度、あるいはオン電流の均一性を高める意味では、実施例3のように、上記の工程に加えて、ソース/ドレインの不純物元素の活性化工程に本発明を使用すると効果的である。このように本発明は工業上、有益なものと考えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例のレーザー処理方法を示す。(実施例1参照)

【図2】 実施例のレーザー処理方法を示す。(実施例2参照)

【図3】 実施例のレーザー処理方法を示す。(実施例3参照)

【図4】 実施例で使用したレーザーアニール装置の概念図を示す。

【図5】 実施例で使用したレーザーアニール装置の光学系の概念図を示す。

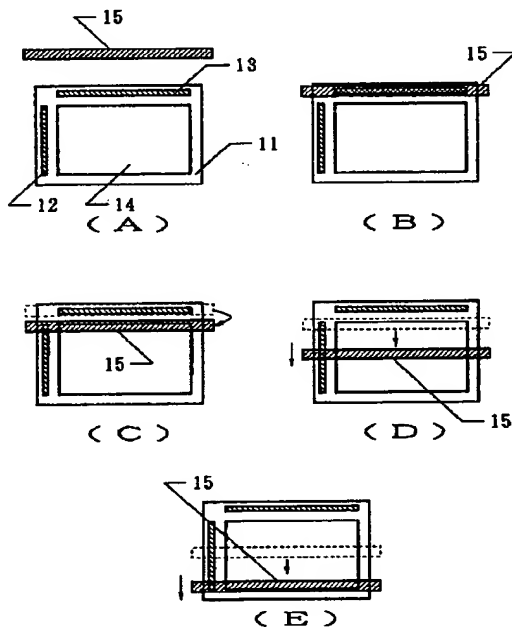
【図6】 実施例のTFT素子の作製工程の概要を示す。(実施例3参照)

【図7】 TFT回路の断面の様子を示す。(実施例3参照)

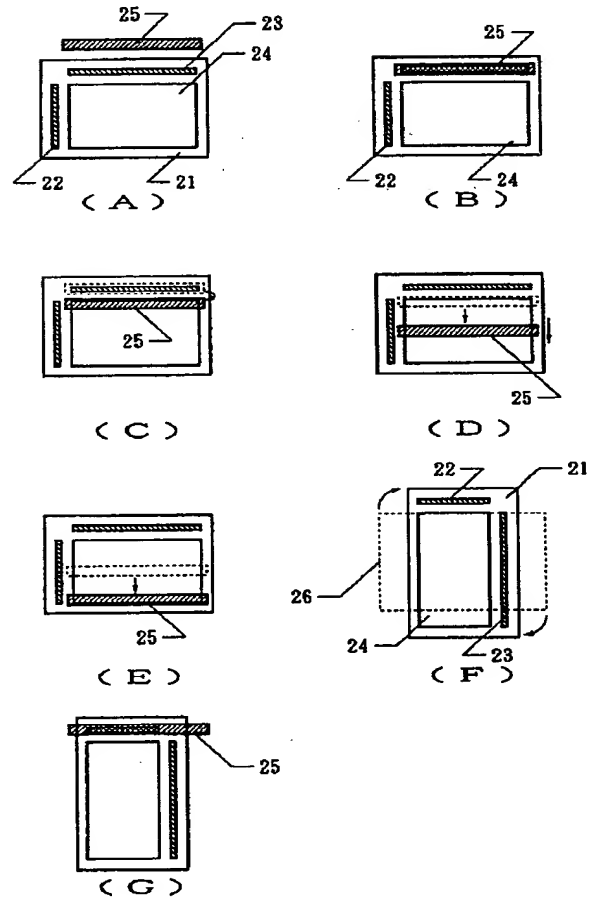
【符号の説明】

11、21、31	基板
12、22、32、33	スキャンドライバー
13、23、34、35	カラムドライバー
14、24、36	アクティブマトリクス回路の領域
15、25、37	レーザービームのスポット(線状レーザービーム)
26、38	回転前の基板の位置を示す。

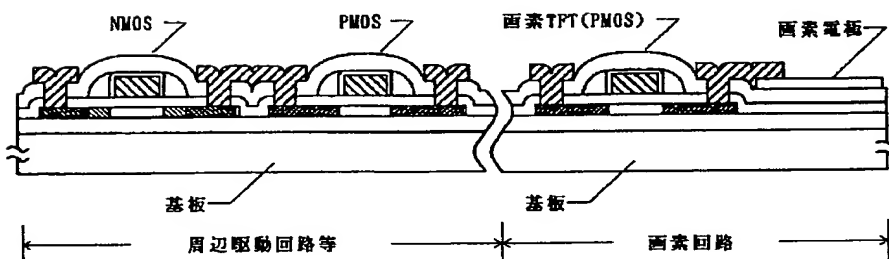
【図1】



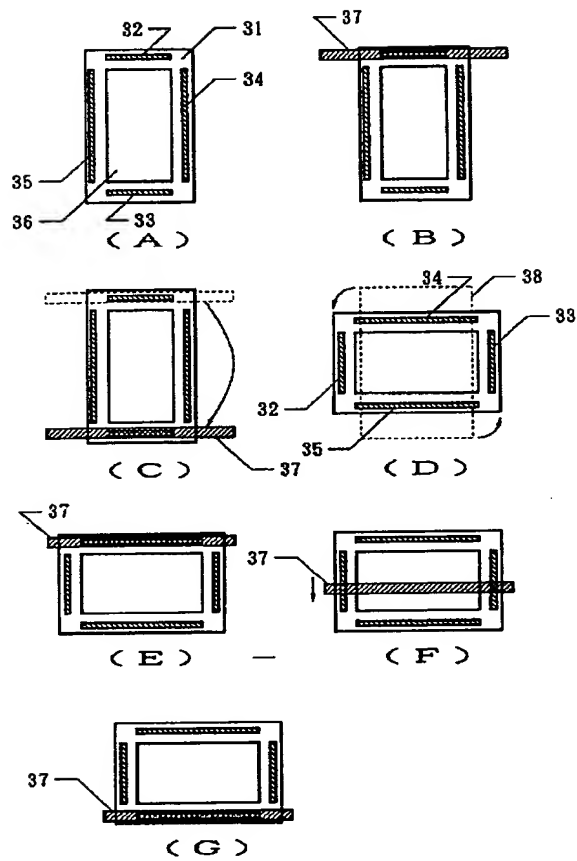
【図2】



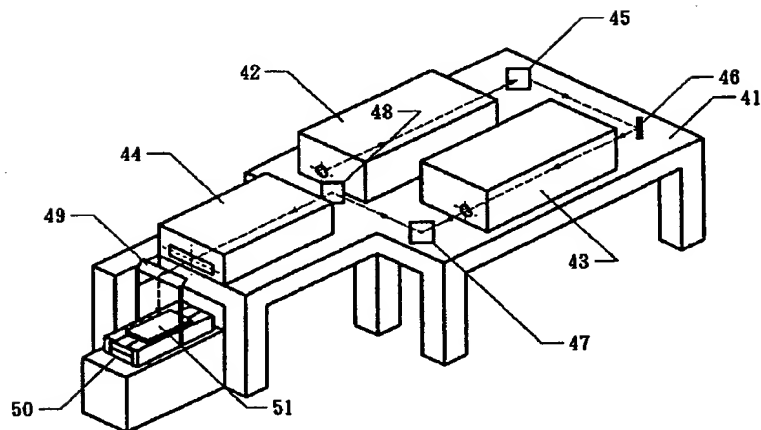
【図7】



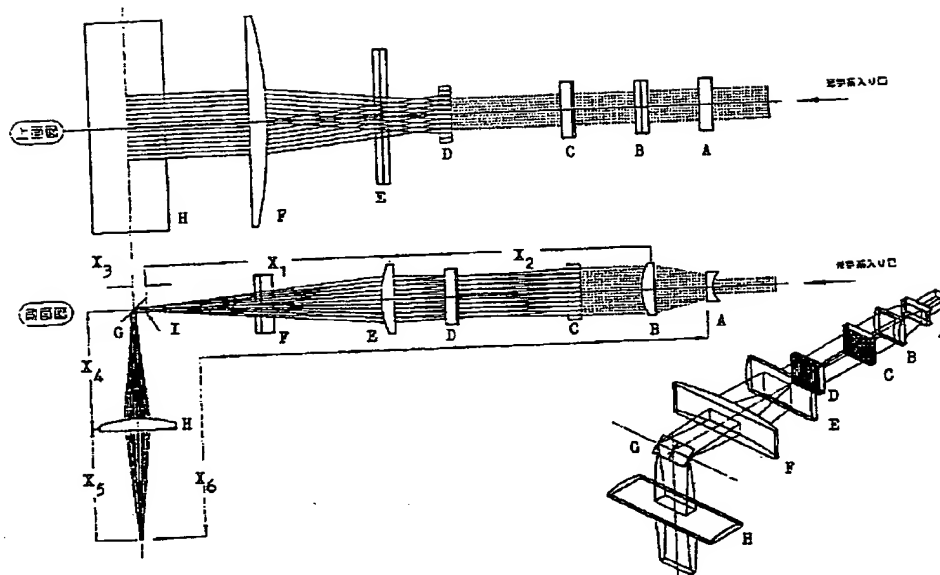
【図3】



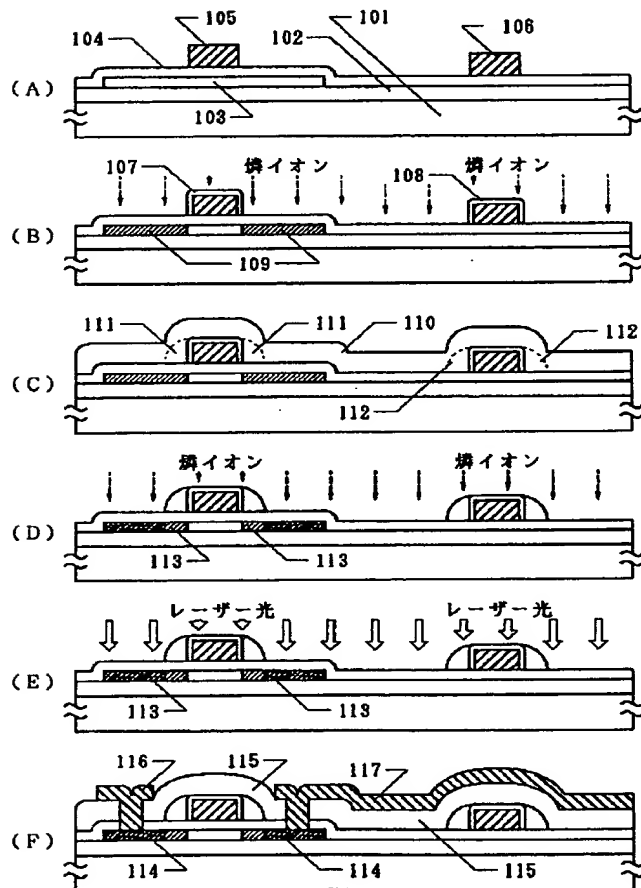
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶H 0 1 L 29/786
21/336

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

9056-4M

H 0 1 L 29/78

3 1 1 A